



Belegaufgabenstellung Bahnmechanik SS2013

Bearbeitung in Gruppen zu max. 2 Personen,
Abgabetermin: 16.07.2013

Das Konzept für die Solaris genannte Mission zur Beobachtung unseres Sonnensystems sieht ein Docking Manöver zwischen Antriebsmodul und Serviceeinheit im niedrigen Erdorbit vor, da beide Teile von unterschiedlichen Trägersystemen gestartet werden. Dieses soll von der Bodenstation Beobachtungsposten überwacht werden. Ein Bahnmanöver soll den Satelliten dann in seine Ausgangsbahn für das Zünden des Antriebsmoduls bringen. Klären Sie folgende noch offene Fragestellungen:

1. Die Bodenstation Beobachtungsposten mit der geodätischen Breite $39,007^\circ$ und der geographischen Länge $104,883^\circ\text{W}$ befindet sich auf einer Höhe von 1 187 m. Berechnen Sie den Ortsvektor der Station im geozentrisch-äquatorialem System (IJK) für eine Beobachtungszeit am 21. April 2015, 03:17:02,00 UT. Die Abplattung der Erde ist zu beachten.
[3 Punkte]

2. Zu der in Aufgabe 1 genannten Beobachtungszeit soll Solaris von der Bodenstation Beobachtungsposten überwacht werden. Dazu ist bisher lediglich die erwartete Position und Geschwindigkeit im IJK System bekannt. Bestimmen Sie die Bahnelemente des Satelliten.

$$\vec{r}_{\text{sat,IJK}} = \begin{bmatrix} -4\,714,0 \\ 2\,841,4 \\ 3\,824,2 \end{bmatrix} \text{ km}, \quad \vec{v}_{\text{sat,IJK}} = \begin{bmatrix} -4,361 \\ 1,178 \\ -6,251 \end{bmatrix} \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

[2 Punkte]

3. Berechnen Sie die Elevation, Azimuth, Entfernung und die Änderungsrate der genannten Größen damit die Bodenstation korrekt ausgerichtet und nachgeführt werden kann. In welche Himmelsrichtung muss die Antenne zeigen?
[3 Punkte]

4. Zu Abschätzung des maximalen Abstands zwischen den beiden Raketenstarts ist eine Abschätzung der Lebensdauer der Serviceeinheit des Satelliten Solaris im Orbit notwendig. Die würfelförmige Serviceeinheit besitzt eine Kantenlänge von 10 m, eine Masse von 2000 kg und hat einen ballistischen Koeffizienten von $c_D = 2,2$. Die Serviceeinheit wird in einer Kreisbahn mit einer Bahnhöhe von 324 km ausgesetzt. Die Seitenfläche steht senkrecht zur Flugrichtung. Gehen Sie von einer normalen Sonnenaktivität aus (Exosphärentemperatur $T_\infty = 1000\text{ K}$).
[2 Punkte]

5. Das Andockmanöver des Antriebsmoduls soll während der Sonnenphase stattfinden, um eine optimale Beleuchtung sicherzustellen. Kontrollieren Sie, ob dies zu dem gewählten Zeitpunkt überhaupt der Fall ist.

a) Bestimmen Sie den Ortsvektor der Sonne im IJK-System.

b) Stellen Sie in einer Skizze die Position der Erde im heliozentrischen Koordinatensystem dar. Markieren Sie die Jahreszeiten.

c) Überprüfen Sie, ob der Satellit sich zum Zeitpunkt des Überflugs in der Sonne befinden wird. Es kann von einer kugelsymmetrischen Erde ausgegangen werden und es genügt auf Sichtkontakt zu prüfen. Bewerten Sie das Ergebnis.

[6 Punkte]

6. Das Zünden der Antriebsstufe soll auf einer sonnensynchronen Bahn erfolgen, d. h. eine Bahn mit gleichbleibenden Beleuchtungsverhältnissen. Wie lautet die Gleichung für die notwendige Inklination des Satelliten in Abhängigkeit von der großen Halbachse. Berücksichtigen Sie nur säkuläre Effekte von J_2 . Welche Inklination muss die Zielbahn haben, wenn die mittlere Bewegung der Sonne mit $n_{\odot} = 0,985647^\circ/\text{Tag}$ angenommen wird und eine Bahnhöhe von 500 km gewünscht ist.

[1 Punkte]

7. Berechnen Sie den minimalen Antriebsbedarf, um mit einem kombinierten Manöver sowohl die Bahnhöhe auf 500 km anzupassen, als auch die Inklination auf $97,4^\circ$ zu ändern.

a) Verwenden Sie für die Aufteilung der Inklinationsmanöver die Näherung.

b) Ein Kollege meint er hätte mit $i_1 = 1,58^\circ$ und $i_1 = 13,43^\circ$ eine bessere Lösung gefunden. Hat er recht?

c) Ist das Manöver für einen 4000 kg Satelliten (Antriebsmodul + Serviceeinheit) überhaupt realistisch? Begründen Sie Ihre Aussage!

[3 Punkte]